

ки. Следует отметить и более быстрое достижение установившегося режима нагрева колбы при горизонтальном положении лампы. Длительность нагрева в этом случае составляет около 10 мин., тогда как при вертикальном положении – 20 мин. Кстати, отношение диаметра наиболее широкой части колбы к ее высоте составляет величину порядка 0,5.

Заметное влияние конвективного теплообмена на особенности нагрева внешней колбы лампы ДРЛ необходимо учитывать при проектировании световых приборов с этими лампами. Соответствующие эксперименты на макетах не представляют трудностей, в то время как аналитический расчет при неизбежных максимальных упрощениях не даст нужных результатов. Эксперимент позволяет выбрать оптимальный вариант в отношении светотдачи, условий зажигания, срока службы, запыленности и т.п.

1. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.
2. Айзенберг Ю.Б. Световые приборы. – М.: Энергия, 1980. – 720 с.
3. Физический энциклопедический словарь. Т.2. – С.433. – М.: Советская энциклопедия, 1962. – 720 с.
4. ГОСТ 17677. Светильники. Общие технические требования.

Получено 25.08.2000

УДК 621.311.1

К.Б.СУХОНОС

АК "Харьковоблэнерго"

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Предлагается алгоритм, не требующий использования стандартных процедур математических действий с матрицами. Алгоритм позволяет сократить время формирования системы уравнений узловых напряжений и в рамках имеющихся ресурсов памяти ЭВМ повысить порядок системы.

Электрические сети городов и промышленных районов развиваются по пути усложнения конфигурации и изменения существующей схемы. В процессе эксплуатации сети ее конфигурация изменяется из-за плановых переключений по линии диспетчерского управления или срабатывания элементов релейной защиты и автоматики. При каждом изменении электрической сети решается задача расчета ее режима. Среди расчетов возможных режимов сети (нормальных, переходных, послеаварийных, тока короткого замыкания и др.) ведущее место занимают расчеты установившихся режимов. В последние годы в связи с реорганизацией автоматизированных систем различных уровней дис-

петчерского управления и широкомасштабным внедрением SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) систем удельный вес таких расчетов составляет от 50 до 80% [1].

Для расчета установившегося режима сети используется система уравнений узловых напряжений, матричная форма записи которых имеет вид [2]

$$\dot{Y}_Y \cdot \dot{U} = \dot{I} - \dot{Y}_b \cdot \dot{U}_b, \quad (1)$$

где \dot{Y}_Y – матрица взаимных и собственных проводимостей узлов; \dot{U} – вектор-столбец неизвестных напряжений узлов; \dot{I} – вектор-столбец задающих токов узлов; \dot{Y}_b – матрица взаимных проводимостей независимых узлов относительно узлов источников питания (базисного узла и узлов, напряжения в которых заданы); \dot{U}_b – вектор-столбец напряжений узлов источников питания.

Выбор алгоритма формирования системы (1) определяет такие важные показатели программы, как объем оперативной памяти и время расчета. Нами предложен алгоритм, который учитывает особенности матрицы \dot{Y}_Y и не требует применения стандартных процедур умножения матриц. Задача решена для сети без комплексных коэффициентов трансформации.

Рассмотрим решение задачи. Учитывая, что

$$\dot{Y}_Y = G_Y - j \cdot B_Y; \quad (2)$$

$$\dot{U} = U' + j \cdot U''; \quad (3)$$

$$\dot{I} = I' + j \cdot I'', \quad (4)$$

систему (1) можно записать в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} G_Y & B_Y \\ -B_Y & G_Y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U' \\ U'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I' \\ I'' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_b & B_b \\ -B_b & G_b \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U' \\ U'' \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В общем случае схема сети содержит n независимых узлов, n_b узлов источников питания и m ветвей. В качестве исходных данных взяты сопротивления ветвей, напряжения в узлах источников питания и задающие токи в независимых узлах (либо мощности, отбираемые из независимых узлов, по которым пересчитываются задающие токи).

Для задания конфигурации сети используем первую матрицу инцидентий M , отображающую соединения ветвей в узлах сети. Матрица M имеет размер $(n_o \times m)$, где $n_o = n + n_b$ – общее число узлов в схеме. Коэффициенты матрицы M равны [2]: положительной еди-

нице, если i узел является началом j ветви; отрицательной единице, если i узел является концом j ветви; нулю — если i узел не соединен с j ветвью.

Действительную G_Y и мнимую B_Y составляющие матрицы \dot{Y}_Y рассчитываем по соотношениям [3]:

$$G_Y = M \cdot G_d \cdot M^T; \quad (6)$$

$$B_Y = M \cdot B_d \cdot M^T, \quad (7)$$

где M^T — транспонированная первая матрица инцидентий; G_d и B_d — диагональные матрицы активных и реактивных составляющих проводимостей ветвей.

$$G_d = \begin{bmatrix} g_1 & 0 & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & g_2 & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & g_3 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & g_m \end{bmatrix}, \quad B_d = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & b_2 & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & b_3 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & b_m \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Чтобы записать матрицу M , нужно присвоить номера узлам и ветвям сети. В первую очередь присваиваем номера независимым узлам сети, а затем узлам источников питания. Ветви схемы сети нумеруем в произвольном порядке. Например, если схема сети содержит три независимых узла ($n=3$) и два узла источника питания ($n_b=2$), то система уравнений узловых напряжений (5) имеет вид

$$\begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & b_{31} & b_{32} & b_{33} \\ -b_{11} & -b_{12} & -b_{13} & g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ -b_{21} & -b_{22} & -b_{23} & g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ -b_{31} & -b_{32} & -b_{33} & g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U'_1 \\ U'_2 \\ U'_3 \\ U''_1 \\ U''_2 \\ U''_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I'_1 \\ I'_2 \\ I'_3 \\ I''_1 \\ I''_2 \\ I''_3 \end{bmatrix}.$$

$$\begin{bmatrix}
 g_{14} & g_{15} & b_{14} & b_{15} \\
 g_{24} & g_{25} & b_{24} & b_{25} \\
 g_{34} & g_{35} & b_{34} & b_{35} \\
 -b_{14} & -b_{15} & g_{14} & g_{15} \\
 -b_{24} & -b_{25} & g_{24} & g_{25} \\
 -b_{34} & -b_{35} & g_{34} & g_{35}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 U'_4 \\
 U'_5 \\
 U''_4 \\
 U''_5
 \end{bmatrix}
 \quad (9)$$

При формировании системы (9) нужно выполнить расчет элементов левой части системы (матрицы Y_Y) и элементов вектора-столбца правой части системы D :

$$D = \dot{I} - \dot{Y}_b \cdot \dot{U}_b. \quad (10)$$

Особенностью левой части системы является то, что она состоит из двух блоков матриц G_Y с одинаковыми коэффициентами и двух блоков матриц B_Y с коэффициентами, противоположными по знаку. Кроме того, сами матрицы G_Y и B_Y симметричны относительно главной диагонали, т.е. элементы с одинаковыми индексами попарно равны ($g_{ij} = g_{ji}$, $b_{ij} = b_{ji}$).

Элементы матрицы Y_b имеют те же особенности, что и элементы матрицы Y_Y .

С учетом перечисленных особенностей матриц Y_Y и Y_b разработана схема алгоритма формирования уравнений узловых напряжений (см. рисунок), которая позволяет исключить операцию транспонирования матрицы M и не требует использования стандартных процедур математических действий с матрицами.

Рассмотрим последовательность действий по алгоритму. В качестве исходных данных в программу вводятся: n — число независимых узлов; n_b — число узлов источников питания; m — число ветвей; $I(2n)$ — вектор задающих токов узлов, в котором первые n членов — это активные составляющие токов I' , а последующие n членов — реактивные составляющие токов I'' ; $U_b(2n_b)$ — вектор напряжений

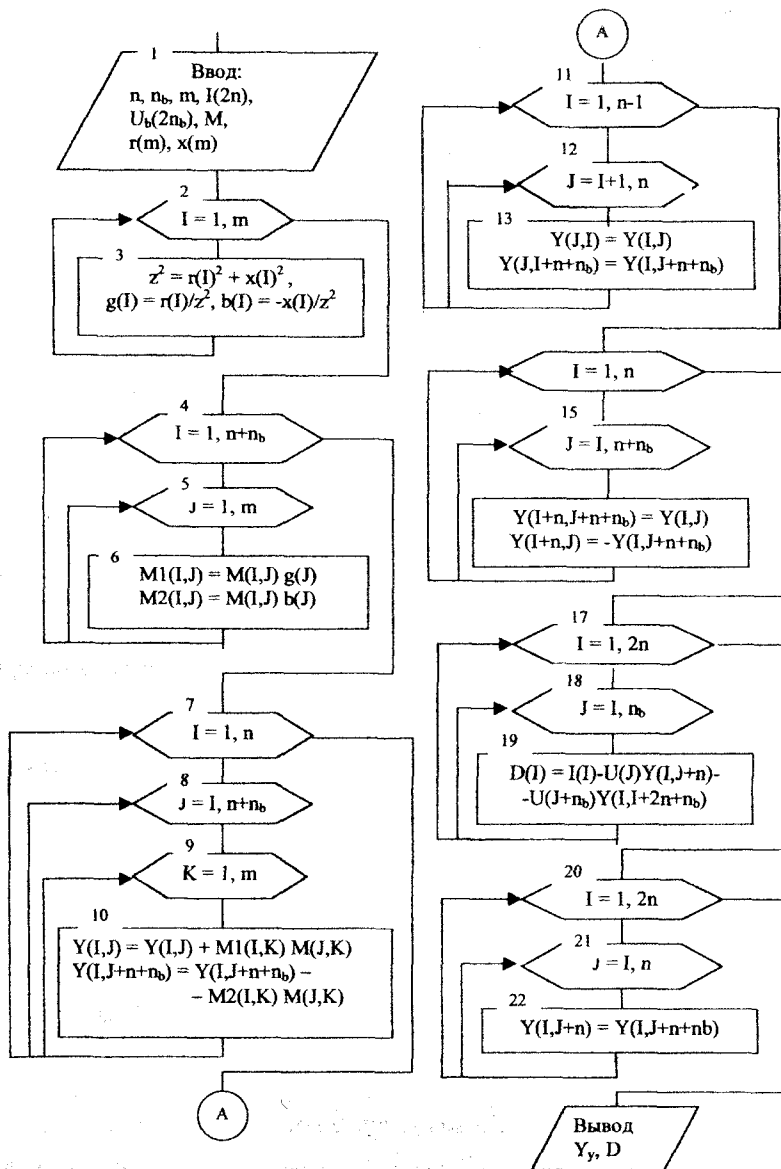


Схема алгоритма

узлов источников питания, в котором первые n_b членов – активные составляющие напряжений U' , а последующие n_b членов – реактивные составляющие напряжений U'' ; M – полная матрица инцидентий, которая содержит n_o строк и m столбцов.

В действии 2 задается цикл по ветвям сети, а в 3-м действии формируется вектор активных $g(m)$ и реактивных $b(m)$ проводимостей ветвей. Формировать диагональные матрицы G_d и B_d , которые входят в соотношения (6) и (7), по данному алгоритму не требуется, что экономит время расчета и память ЭВМ.

В действиях 4-6 выполняется умножение матрицы M на вектор b и вектор g , что равносильно умножению матрицы M на матрицу G_d и матрицу B_d . При этом формируются промежуточные матрицы $M1$ и $M2$.

В действиях 7-10 производится умножение промежуточных матриц $M1$ и $M2$ на транспонированную матрицу M^T с одновременным формированием верхних треугольных матриц G_Y и B_Y , включающих главную диагональ. Замена индекса строки на индекс столбца при выполнении умножения и суммирования позволяет исключить операцию транспонирования матрицы M как отдельное арифметическое действие. Здесь же осуществляется формирование элементов матриц G_b и B_b , которые записаны в последних строках матриц G_Y и B_Y .

В действиях 11-13 производится формирование нижней треугольной части матриц G_Y и B_Y , а в действиях 14-16 по полученным матрицам G_Y и B_Y – формирование полной матрицы Y_Y , в состав которой входят и элементы матриц G_b и B_b .

В действиях 17-19 выполняется формирование правой части системы (9), составляющие которой записываются на место вектора $I(2n)$. В действиях 20-22 осуществляется окончательное формирование матрицы Y_Y .

Таким образом, предлагаемый алгоритм формирования системы уравнений узловых напряжений за счет исключения операции транспонирования матрицы M и использования общих участков памяти

ЭВМ для задания и хранения различных массивов позволяет увеличить на 35-40% порядок формируемой системы и на 25-30% сократить время ее формирования в сравнении с алгоритмом, использующим стандартные процедуры операций с матрицами.

1. Жуков Л.А., Стран И.П. Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем: Методы расчетов. — М.: Энергия, 1979.

2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

3. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В. Основы теории цепей. — М.: Энергия, 1975.

Получено 25.08.2000

УДК 621

В.А. МАЛЯРЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ

Рассматриваются организационные мероприятия и программные положения энергоснабжения городов Украины на современном этапе. Особое внимание уделено мероприятиям, связанным с энергосбережением и охраной окружающей среды, как основному направлению сдерживания роста потребления энергоресурсов. Приведена концепция развития муниципальной энергетики городов Украины на современном этапе.

Общие вопросы. Концепция развития энергетики города Харькова и в целом Харьковского региона не может рассматриваться в отрыве от сложившейся структуры и тенденций развития энергоснабжения Украины, а также общего состояния ее топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и направлений развития топливно-энергетического комплекса.

Интенсивное наращивание энергетических ресурсов при низкой эффективности их использования привело к кризисному отставанию топливно-энергетических отраслей и их инфраструктуры в странах СНГ и Украины, в частности. Результатом такой политики явились кризис энергетики в целом, ее упадок, уменьшение инвестиций во все отрасли энергетики и, как следствие этого, резкое сокращение добычи первичных энергоресурсов и повышение цен на них до мирового уровня.

Необходимо учитывать, что если в начале существования СССР Украина была вполне обеспечена собственными ТЭР, то к началу перестройки доступность и эффективность их добычи привели к дефициту. Кроме того, качественный состав ТЭР здесь далеко не самый лучший. В первую очередь это относится к органическому топливу. Так,